L22DC

SAVILLS I.M. SGR S.P.A.
Sede: Via San Paolo
20121 Milano

LIN10
Via della Costa, 2, Treviglio (BG), 24047
Edificio Ad Uso Data Center

VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE
Ai sensi degli artt. 23-25 del D.Lgs.152/06

Documento:
4210_ES V SDC 01 –
Studio Diffusionale in Cantiere

Data
17 dicembre 2025

Proprietario
Savills I.M. SGR S.p.A

Firmato digitalmente da: PAOLA ENRICA FIORINI
Data: 19/12/2025 16:53:16

COMPANY WITH MANAGEMENT SYSTEM CERTIFIED BY DNV GL
= ISO 9001 =
= ISO 14001 =
= ISO 45001 =

PROPONENTE:	PROGETTO:
SAVILLS I.M. SGR S.P.A. Sede: Via San Paolo 20121 Milano	***LIN 10*** Via della Costa, 2, Treviglio (BG)

Valutazione di Impatto Ambientale ai sensi degli artt. 23-25 del D.Lgs. 152/06

STUDIO DIFFUSIONALE:
IMPATTI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA IN FASE DI CANTIERE

IN.25.014	*dicembre 2025*	*Prima emissione*	*C. Di Rico*	*V. Nappa*	*F. Rocchi*
COMMESSA	*DATA*	*REV*	*REDATTO*	*VERIFICATO*	*APPROVATO*

Firmato digitalmente da:
ROCCHI FRANCO
Data: 17/12/2025 15:53:30

ambiente
ingegneria ambientale

Sede di Milano
via Tibullo 2 – 20151 Milano
Tel. 0245473370
Fax. 0245473371

Web page: www.ambientesc.it

Altre sedi principali
Carrara (sede legale e operativa) Via Frassina, 21 - 54033 Carrara (MS) - Tel. 0585/855624 - Fax. 0585/855617
Firenze Via di Soffiano, 15 - 50143 Firenze (FI) - Tel. 055/7399056 - Fax 055/7134442
Roma Via L. Robecchi Brichetti, 6 - 00154 Roma (RM) - Tel. 06/45678571
Taranto Via Matera, km 598/I - 74014 Laterza (TA) - Mob. 347/1083531

Premessa

Con il presente documento, ***ambiente S.r.l.*** ha eseguito il mandato affidatole da **L22 PER ECHELON DATA CENTERS** con la diligenza richiesta.

Le elaborazioni ed i risultati illustrati nel presente documento, sono stati ottenuti ottemperando le normative vigenti e le regole riconosciute nel settore di operatività e sono basati sullo stato delle conoscenze all'atto di stesura del rapporto.

In riferimento a ciò ambiente S.r.l. ha proceduto alla predisposizione della presente documentazione richiesta secondo le informazioni e le specifiche fornite dalla Committenza, la quale pertanto si assume ogni qualsivoglia responsabilità in ordine alla veridicità e correttezza delle stesse.

A tal fine, ***ambiente S.r.l.*** considera che:

- il committente, o i terzi da lui designati, hanno fornito tutte le informazioni corrette ed i documenti completi per l'esecuzione del mandato;
- il presente documento non verrà utilizzato in modo parziale;
- le elaborazioni ed i risultati conseguiti presenti nel seguente documento non verranno utilizzati per uno scopo diverso da quello convenuto o per altro oggetto, né saranno trasposti a circostanze modificate, senza essere stati riesaminati;
- nel presente documento con il termine "Committente" si intende la società **L22 PER ECHELON DATA CENTERS** che ha incaricato ambiente S.r.l. per la redazione del presente documento.

SOMMARIO

1 INTRODUZIONE 5

2 RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI 6

3 ANALISI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA 10

4 METEOROLOGIA 14

5 ANALISI DELL'IMPATTO ATMOSFERICO 17

5.1 MODELLO PREVISIONALE: AERMOD 17

5.1.1 Aermet 18

5.1.2 Aermap 18

5.2 DESCRIZIONE DEGLI IMPATTI POTENZIALI 19

5.2.1 Meccanismi di formazione del biossido di azoto 19

5.2.2 Identificazione delle aree di cantiere e degli scenari di simulazione 21

5.2.3 Stima dei fattori di emissione 21

5.3 METODOLOGIA DI MODELLAZIONE DELLA DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI IN ATMOSFERA 28

5.3.1 Dominio di calcolo e schema di modellazione 28

5.3.2 Orografia e dati meteo 29

5.3.3 Definizione delle sorgenti e ipotesi di lavoro 30

6 RISULTATI 31

6.1 RICETTORI 31

6.2 MAPPE DI ISOCONCENTRAZIONE 34

7 CONCLUSIONI 1

INDICE FIGURE

FIGURA 1 ZONIZZAZIONE REGIONE LOMBARDIA 10
FIGURA 2 TEMPERATURA ANNO 2024 14
FIGURA 3 UMIDITÀ RELATIVA ANNO 2024. 15
FIGURA 4 VELOCITÀ DEL VENTO ANNO 2024. 15
FIGURA 5 ANALISI STATISTICA DELLA VELOCITÀ DEL VENTO (ROSA DEI VENTI - ANNO 2024) 16
FIGURA 6 TIPOLOGIE DI CONFIGURAZIONI TERRITORIALI 18
FIGURA 7 AREE E PISTE DI CANTIERE 21
FIGURA 8 FATTORI DI EMISSIONE AREALI PER OGNI MOVIMENTAZIONE, PER CIASCUN TIPO DI PARTICOLATO 25
FIGURA 9 GRIGLIA DI CALCOLO 29
FIGURA 10 RAPPRESENTAZIONE DELL'OROGRAFIA DEL TERRITORIO. 29
FIGURA 11 INDIVIDUAZIONE DEI RECETTORI (IN GIALLO) 32

INDICE TABELLE

TABELLA 1 VALORI LIMITE DI RIFERIMENTO PER L'SPOSIZIONE D. LGS. 155/2010. 9
TABELLA 2 INQUINANTI RILEVATI IN CONTINUO DALLA RETE REGIONALE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA 11
TABELLA 3 STAZIONI FISSE DI MISURA POSTE NELLA PROVINCIA DI BERGAMO – ANNO 2024. 12
TABELLA 4 DESCRIZIONE DELLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA DELLA STAZIONE DI TREVIGLIO 13
TABELLA 5 TABELLE RIEPILOGATIVE DEI FATTORI DI EMISSIONE PER OGNI SORGENTE E PER CIASCUN INQUINANTE ... 30
TABELLA 6 VALORI DI CONCENTRAZIONE SUI RICETTORI PUNTUALI 33

1 INTRODUZIONE

Si riporta di seguito la descrizione delle principali sorgenti connesse alle attività di cantiere previste in progetto.

Lo scopo primario dell'individuazione delle sorgenti e la conseguente quantificazione dell'impatto è quello di valutare l'effettiva incidenza delle emissioni delle attività di cantiere sullo stato di qualità dell'aria complessivo.

In relazione alla natura delle sorgenti possono essere individuati, quali indicatori del potenziale impatto delle stesse sulla qualità dell'aria, i seguenti parametri:

- polveri: PM_{10} (polveri inalabili, le cui particelle sono caratterizzate da un diametro inferiore ai 10 µm) e PTS (polveri totali sospese). Le polveri sono generate sia dalla combustione incompleta all'interno dei motori, che da impurità dei combustibili, che dal sollevamento da parte delle ruote degli automezzi e da parte di attività di movimentazione di inerti
- inquinanti gassosi generati dalle emissioni dei motori a combustione interna dei mezzi di trasporto e dei mezzi di cantiere in genere (in particolare NO_X);

Le attività più significative in termini di emissioni sono costituite:

- dalle attività di movimento terra (scavi e realizzazione opere) e stoccaggi;
- dalle demolizioni
- dalla movimentazione dei materiali all'interno dei cantieri;
- dal traffico indotto dal transito degli automezzi sulle piste di cantiere.

In generale, la dimensione dell'impatto legato al transito indotto sulla viabilità esistente risulta essere direttamente correlato all'entità dei flussi orari degli autocarri e pertanto risulta stimabile in relazione ai fabbisogni dei cantieri stessi.

Per la realizzazione delle opere previste in progetto, sono state definite tipologie di cantiere tali da soddisfare le esigenze costruttive delle opere da realizzare.

Per informazioni di dettaglio sul sistema di cantierizzazione previsto si rimanda ovviamente alle relazioni specialistiche.

2 RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

L'Unione Europea negli anni ha emanato una serie di direttive al fine di controllare il livello di alcuni inquinanti in aria. In particolare, si evidenziano le seguenti Direttive:

• Direttiva 96/62/CE relativa alla "valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente"; stabilisce il contesto entro il quale effettuare la valutazione e la gestione della qualità dell'aria secondo criteri armonizzati in tutti i paesi dell'unione europea (direttiva quadro), demandando poi a direttive "figlie" la definizione dei parametri tecnico-operativi specifici per gruppi di inquinanti;

• Direttiva 99/30/CE relativa ai "valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo", stabilisce i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo (prima direttiva figlia);

• Direttiva 00/69/CE relativa ai "valori limite di qualità dell'aria ambiente per benzene ed il monossido di carbonio", stabilisce i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio (seconda direttiva figlia);

• Direttiva 02/03/CE relativa all'"ozono nell'aria" (terza direttiva figlia);

• Direttiva 2001/81/CE relativa ai limiti massimi per le emissioni annue degli Stati membri di biossido di zolfo (SO2), ossidi di azoto (NOx), composti organici volatili non metanici (COV) e ammoniaca (NH3);

• Direttiva 04/107/CE relativa all'"arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici in aria" che fissa il valore obiettivo per la concentrazione nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, mercurio, nichel e idrocarburi policiclici aromatici;

• Direttiva 08/50/CE 107/CE relativa alla "qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa". Ha abrogato tutte le direttive sopra citate tranne la 2004/107/CE ribadendone, di fatto, i contenuti ed aggiungendo il PM2.5 tra gli inquinanti da monitorare.

• Direttiva Europea UE 2016/2284 pubblicata sulla GU.U.E. del 17/12/2016 ed entrata in vigore il 31.12.2016. La cosiddetta "NEC" stabilisce i nuovi obiettivi strategici per il periodo fino al 2030, con l'intento di progredire verso l'obiettivo di miglioramento di lungo termine dell'Unione attraverso l'indicazione di percentuali di riduzione delle emissioni nazionali dal 2020 al 2029 e poi a partire dal 2030.

L'emanazione dei diversi decreti di recepimento delle direttive europee ha contribuito a razionalizzare il quadro di riferimento e a qualificare gli strumenti di controllo e pianificazione del territorio nazionale. I principali riferimenti sono:

• Il D. Lgs. 351 del 4 agosto 1999 recepisce la direttiva 96/62/CE e costituisce quindi il riferimento "quadro" per l'attuale legislazione italiana;

• Il D.M. 60 del 2 aprile 2002 è la norma che recepisce la prima e la seconda direttiva figlia; definisce, infatti, per gli inquinanti di cui al gruppo I del D.Lgs. 351/1999 con l'aggiunta di benzene e monossido di carbonio (CO); i valori limite e le soglie di allarme, il margine di tolleranza, il termine entro il quale il limite deve essere raggiunto, i criteri per la raccolta dei dati di qualità dell'aria compreso il numero di punti di campionamento, i metodi di riferimento per le modalità di prelievo e di analisi;

• Il D.M. 261 dell'1 ottobre 2002 individua le modalità di valutazione preliminare della qualità dell'aria lì dove mancano i dati e i criteri per l'elaborazione di piani e programmi per il raggiungimento dei limiti previsti nei tempi indicati dal D.M. 60/2002;

• Il D. Lgs. 183 del 21 maggio 2004, recepisce la direttiva europea 02/03/CE riguardante l'ozono in atmosfera (terza direttiva figlia), in particolare indica "valori bersaglio" da raggiungere entro il 2010, demanda a Regioni e Province autonome la definizione di zone e agglomerati in cui la concentrazione di ozono superi il valore bersaglio; per tali zone dovranno essere adottati piani e programmi per il raggiungimento dei valori bersaglio. Piani e programmi dovranno essere redatti sulla base delle indicazioni del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare. La normativa riporta anche valori a lungo termine (al disotto dei quali non ci si attende alcun effetto sulla salute), soglie di informazione (valori al di sopra dei quali possono esserci rischi per gruppi sensibili) e soglie di allarme (concentrazioni che possono determinare effetti anche per esposizioni a breve termine);

• Il D. Lgs. 171 del 21 maggio 2004, recepisce la direttiva europea 2001/81/CE, riguardante i limiti massimi per le emissioni annue degli Stati membri, individua gli strumenti per assicurare che le emissioni nazionali annue per il biossido di zolfo, per gli ossidi di azoto, per i composti volatili e per l'ammoniaca, rispettino entro il 2010 e negli anni successivi i limiti nazionali di emissione;

• Il D.Lgs. 152/2007 (che recepisce la direttiva 2004/107/CE) è l'ultima norma figlio emanata e si riferisce ad un gruppo di inquinanti (l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), per cui non è ancora possibile una misura in continuo e che si trovano prevalentemente all'interno del particolato sottile. Anche in questo caso vengono stabiliti i limiti di qualità dell'aria, le modalità di misura e le informazioni da fornire al pubblico.

L'insieme di tutte queste norme costituisce la base normativa su cui si fonda il controllo e la gestione attuale della qualità dell'aria.

Il DLgs 155/2010 costituisce l'attuazione della direttiva comunitaria 2008/50/CE circa la valutazione della qualità dell'aria ambiente, la sua gestione, nonché il suo miglioramento. Quest'unica norma sostituisce sia la legge quadro (DL 351/99) sia i decreti attuativi (che fornivano modalità di misura, indicazioni sul numero e sulla collocazione delle postazioni di monitoraggio, limiti e valori di riferimento per i diversi inquinanti) ribadendo i fondamenti del controllo dell'inquinamento atmosferico e i criteri di monitoraggio e introducendo, in base alle nuove evidenze epidemiologiche, tra gli inquinanti da monitorare anche il PM2.5, ormai ben noto per la sua pericolosità.

Il Decreto stabilisce per le sostanze inquinanti i seguenti criteri:

• i valori limite, vale a dire le concentrazioni atmosferiche fissate in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana e sull'ambiente;

• le soglie di allarme, ossia la concentrazione atmosferica oltre la quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e per cui si deve immediatamente intervenire;

•il margine di tolleranza, cioè la percentuale del valore limite nella cui misura tale valore può essere superato e le modalità secondo le quali tale margine deve essere ridotto nel tempo;

• il termine entro il quale il valore limite deve essere raggiunto;

• la soglia di valutazione superiore vale a dire la concentrazione atmosferica al di sotto della quale le misurazioni possono essere combinate con le tecniche di modellazione;

• la soglia di valutazione inferiore, ossia una concentrazione atmosferica al di sotto della quale è consentito ricorrere soltanto alle tecniche di modellazione o di stima oggettiva;

• i periodi di media, cioè il periodo di tempo durante il quale i dati raccolti sono utilizzati per calcolare il valore riportato.

Nell'allegato XI al decreto, vengono riportati i valori limite, i livelli critici, le soglie di allarme e di informazione e i valori obiettivo degli inquinanti normati.

Tale decreto ha subito delle leggere modifiche in base al nuovo Decreto Legislativo 24 dicembre 2012, n. 250 "Modifiche ed integrazioni al Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, recante attuazione della Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" (G.U: n. 23 del 28.01.2013), entrato in vigore il 12 febbraio 2013.

Nella seguente tabella si riportano i limiti per le concentrazioni degli inquinanti presi a riferimento per stabilire la qualità dell'aria su territorio nazionale sopra accennati:

Nelle seguenti tabelle si riportano i valori limite per la qualità dell'aria secondo la legge sopra citata.

Valori di riferimento per la valutazione della QA secondo il D.Lgs. 155/2010 e smi			
Biossido di azoto (NO_2)	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 18 volte in un anno)	200 µg/ m^3
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m^3
	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	400 µg/ m^3
Monossido di carbonio (CO)	Valore limite	Massima Media Mobile su 8 ore	10 mg/ m^3
Ozono (O_3)	Soglia di Informazione	Numero di Superamenti del valore orario	180 µg/ m^3
	Soglia di Allarme	Numero di Superamenti del valore orario (3 ore consecutive)	240 µg/ m^3
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana (da valutare per la prima volta nel 2013)	Numero di superamenti della media mobile di 8 ore massima giornaliera (max 25 gg/anno come media degli ultimi 3 anni)	120µg/ m^3

Valori di riferimento per la valutazione della QA secondo il D.Lgs. 155/2010 e smi			
Biossido di Zolfo (SO_2)	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria (max 24 volte in un anno)	350 µg/ m^3
	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 3 volte in un anno)	125 µg/ m^3
	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	500 µg/ m^3
Particolato Atmosferico (PM10)	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 35 volte in un anno)	50 µg/ m^3
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m^3
Benzene (C_6H_6)	Valore limite annuale	Media annua	5 µg/ m^3
IPA - come Benzo(a)pirene	Valore obiettivo	Media annua	1 ng/ m^3
Metalli pesanti	-	-	-
Arsenico	Valore obiettivo	Media annua	6 ng/ m^3
Cadmio	Valore obiettivo	Media annua	5 ng/ m^3
Nichel	Valore obiettivo	Media annua	20 ng/m3

Tabella 1 Valori limite di riferimento per l'sposizione D. Lgs. 155/2010.

3 ANALISI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La zonizzazione

La legislazione italiana, costruita sulla base della direttiva europea 2008/50/CE, individua le Regioni quali autorità competenti in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria. In quest'ambito è previsto che ogni Regione definisca la suddivisione del territorio in zone e agglomerati, nelle quali valutare il rispetto dei valori obiettivo e dei valori limite e definire, nel caso, piani di risanamento e mantenimento della qualità dell'aria. La classificazione delle zone e degli agglomerati deve essere riesaminata almeno ogni 5 anni.

La Regione Lombardia, con la D.G.R. n° 2605 del 30 novembre 2011, ha modificato la precedente zonizzazione, come richiesto dal Decreto Legislativo n°155 del 13/08/2010 (recepimento della direttiva quadro sulla qualità dell'aria 2008/50/CE) che ha individuato nuovi criteri più omogenei per l'individuazione di agglomerati e zone ai fini della valutazione della qualità dell'aria sul territorio italiano.

Nella successiva figura 1-1 è riportata l'attuale suddivisione in zone e agglomerati relativi alla Regione Lombardia. Il territorio lombardo risulta così suddiviso:

- Agglomerati urbani (Agglomerato di Milano, Agglomerato di Bergamo e Agglomerato di Brescia)
- Zona A: pianura a elevata urbanizzazione
- Zona B: zona di pianura
- Zona C: Prealpi, Appennino e montagna
- Zona D: fondovalle

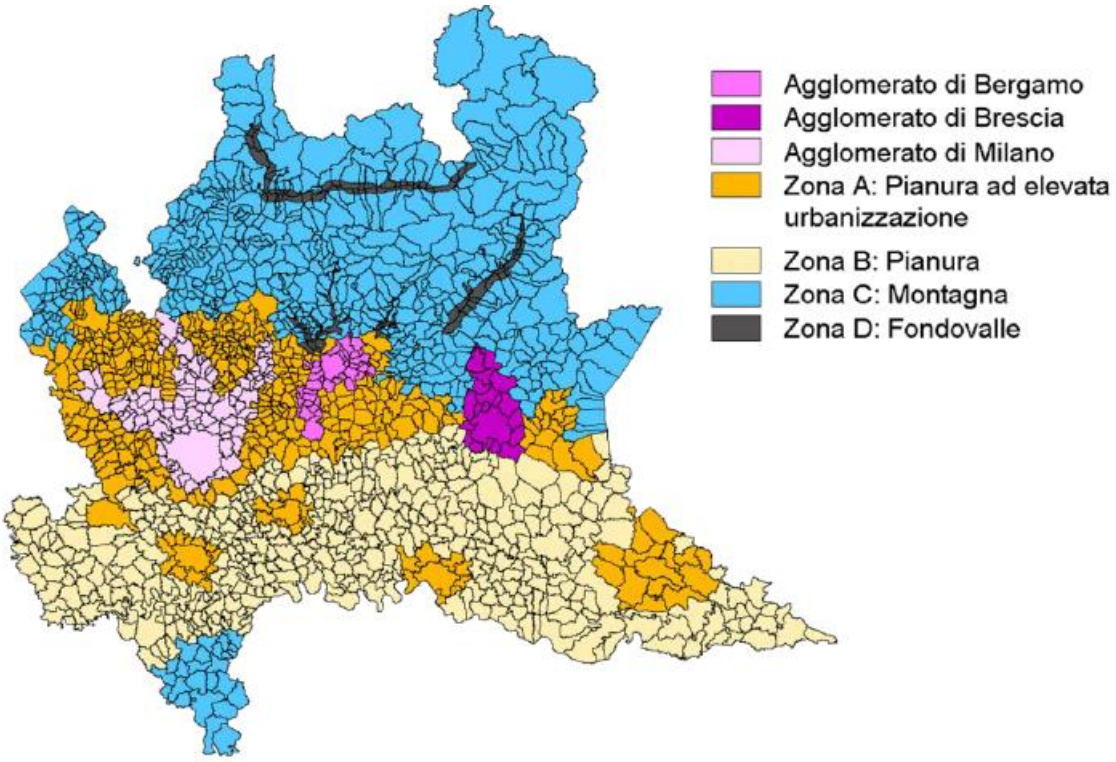

Figura 1 Zonizzazione Regione Lombardia

L'area in esame ricade all'interno **dell'agglomerato di Bergamo**.

La rete di monitoraggio

La Rete di rilevamento della Qualità dell'Aria regionale è attualmente composta da 85 stazioni fisse (tra stazioni pubbliche e stazioni private, queste ultime afferenti a grandi impianti industriali quali centrali termoelettriche, raffinerie, inceneritori) che, per mezzo di analizzatori automatici, forniscono dati in continuo ad intervalli temporali regolari (generalmente con cadenza oraria).

Gli inquinanti monitorati sono quelli riportati in tabella, con il relativo numero di postazioni in grado di misurarli, suddivise tra stazioni appartenenti al programma di valutazione e di interesse locale.

Inquinanti rilevati in continuo dalla Rete regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria							
Inquinante	SO_2	NO_X	CO	O_3	PM10	PM2.5	Benzene
Postazioni di misura pdv	22	84	19	48	67	37	19
Altre postazioni di misura	6	9	11	4	8	3	5

Tabella 2 Inquinanti rilevati in continuo dalla Rete regionale di rilevamento della Qualità dell'Aria

Il D. Lgs. 155/2010 (art. 5) prevede che le regioni e le province autonome predispongano un programma per la misura della qualità dell'aria con stazioni fisse coerente con le disposizioni introdotte dal decreto stesso. Il numero delle stazioni di misurazione previste dal programma di valutazione deve essere individuato nel rispetto dei canoni di efficienza, efficacia ed economicità.

A seconda del contesto ambientale (urbano, industriale, da traffico, rurale, etc.) nel quale è attivo il monitoraggio, diversa è la tipologia di inquinanti che è necessario rilevare. Di conseguenza, non tutte le stazioni sono dotate della medesima strumentazione analitica.

Facendo seguito alla revisione del programma di valutazione regionale approvata nel 2022, sono continuate modifiche alla rete di rilevamento che hanno comportato l'installazione di nuova strumentazione per gli inquinanti più critici e la dismissione di analizzatori per inquinanti con concentrazioni residuali oltre che le attività di approfondimento per l'installazione di nuove stazioni di monitoraggio laddove necessario.

Le postazioni sono distribuite su tutto il territorio regionale in funzione della densità abitativa e della tipologia di territorio. Dal 2013 l'attività è suddivisa tra quattro aree territoriali che gestiscono, in termini di manutenzione e analisi dati, le stazioni dell'intera rete di rilevamento ARPA. Nello specifico la suddivisione è la seguente:

- AREA NORD: Bergamo Como, Lecco, Sondrio.
- AREA OVEST: Milano, Monza e Brianza, Varese.
- AREA EST: Brescia, Mantova.

- AREA SUD: Cremona, Lodi, Pavia.

I dati forniti dalle stazioni fisse vengono integrati con quelli rilevati durante campagne di misura temporanee, effettuate mediante l'ausilio di 8 laboratori mobili e campionatori per il rilevamento del particolato fine, oltre che altra strumentazione avanzata quale, a esempio, Contatori Ottici di Particelle e analizzatori di Black Carbon.

Di seguito viene illustrata nel dettaglio la sottorete provinciale di Bergamo, con i dati raccolti dalle relative postazioni nell'anno 2024 e analizzati in relazione ai limiti stabiliti dalle normative vigenti.

Nel territorio della Provincia di Bergamo è presente una rete pubblica di rilevamento della qualità dell'aria (RRQA) di proprietà di ARPA e gestita dall'U.O. Qualità dell'Aria. La rete pubblica attualmente è costituita da 10 stazioni fisse. Di queste postazioni 9 sono considerate ai fini del programma di valutazione della qualità dell'aria mentre le restanti sono considerate di interesse locale. La rete fissa è integrata dalle informazioni raccolte da postazioni mobili e campionatori gravimetrici per la misura delle polveri. Nella tabella sotto riportata è fornita una descrizione delle postazioni della rete in termini di localizzazione e tipologia di destinazione, considerando la classificazione più recente proposta dalla normativa italiana con il D. Lgs. 155/2010.

Stazioni fisse di misura poste nella provincia di Bergamo – Anno 2022				
Nome stazione	**Rete**	**Tipo zona**	**Tipo stazione**	**Altitudine (m.s.l.m.)**
Stazioni del Programma di valutazione				
Bergamo-Meucci	PUB	Urbana	Fondo	249
Bergamo-Garibaldi	PUB	Urbana	Traffico	249
Dalmine	PUB	Urbana	Fondo	207
Filago Centro	PRIV	Urbana	Fondo	190
Osio Sotto	PRIV	Suburbana	Fondo	182
Treviglio	PUB	Urbana	Traffico	125
Calusco d'Adda	PRIV	Suburbana	Ind./Fondo	273
Casirate d'Adda	PRIV	Rurale	Fondo	100
Altre stazioni				
Lallio	PRIV	Urbana	Traffico	207
Tavernola Bergamasca	PUB	Suburbana	Ind.	306

Tabella 3 Stazioni fisse di misura poste nella provincia di Bergamo – Anno 2024.

In relazione alla localizzazione del sito è stata selezionata come stazione di riferimento, la centralina ARPA **Treviglio**, classificata come **urbana di traffico, per l'anno 2024.**

Nella Tabella 2.1 sono riepilogati i valori della stazione presa in esame e i valori limite normativi. I dati disponibili si riferiscono NO2, PM10 e CO.

Si può notare che per il 2024 i valori degli inquinanti rispettano i limiti normativi, tranne che per il numero di superamenti annuale del PM10, evidenziato in rosso.

Inquinante	Periodo	Concentrazioni misurata dalla centralina di Treviglio	Limite D. Lgs 155/2010
NO2 [μg/m^3]	Valore medio annuale	28	40
	Valore medio orario	0 [1]	200 [2]
PM10 [μg/m^3]	Valore medio annuale	28	40
	Valore medio giornaliero	46	50 [3]
CO [mg/m^3]	Valore medio annuale	0.6	-
	Valore su 8 ore	4.7	10

Tabella 4 Descrizione dello stato della qualità dell'aria della stazione di Treviglio

[1] Numero superamenti media 1h > 200 μg/m^3.
[2] Da non superare più di 18 volte per anno civile.
[3] Da non superare più di 35 volte per un anno civile.

4 METEOROLOGIA

I dati sono stati acquisiti tramite il portale di ARPA LOMBARDIA. Si tratta di dati orari relativi ai seguenti parametri:

1. Temperatura (°C);
2. Umidità Relativa (%);
3. Velocità del Vento (m/s);
4. Direzione del Vento (direzione di provenienza gradi a partire da Nord in senso orario)

La **stazione meteo** presa come riferimento è quella di **Mozzanica**, distante circa 10 km dall'area di studio.

Si riporta di seguito una breve statistica dei dati meteo sopra elencati.

Per la **temperatura** si riportano nel grafico seguente, i dati medi mensili riferiti all'intero anno 2024. Si può osservare l'andamento stagionale che presenta i valori minimi in inverno nei mesi gennaio e febbraio (anche nel tardo autunno) ed i massimi nei mesi di giugno e luglio. Il valore minimo assoluto risulta -4.9°C e il massimo assoluto +37.1°C. La temperatura media su base annuale è di + 14,8 °C.

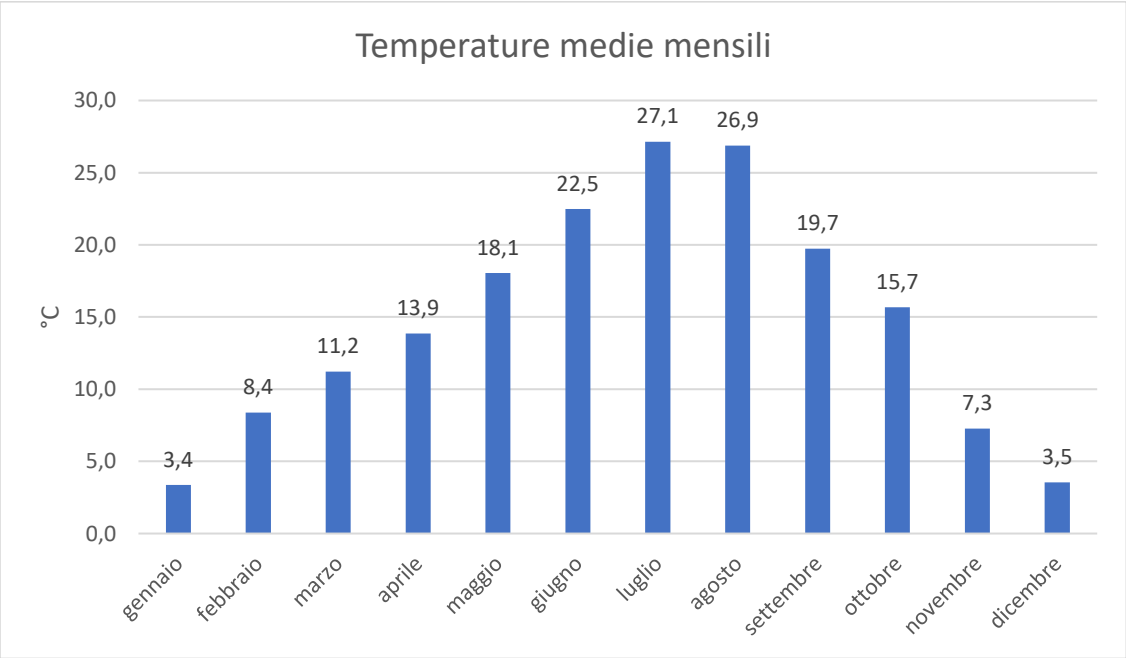

Figura 2 Temperatura anno 2024

Per **l'umidità relativa** i dati di intensità sono riportati nel grafico seguente: sono riferiti all'intero dell'anno 2024. Come si può notare dal grafico la media annuale è del 80%.

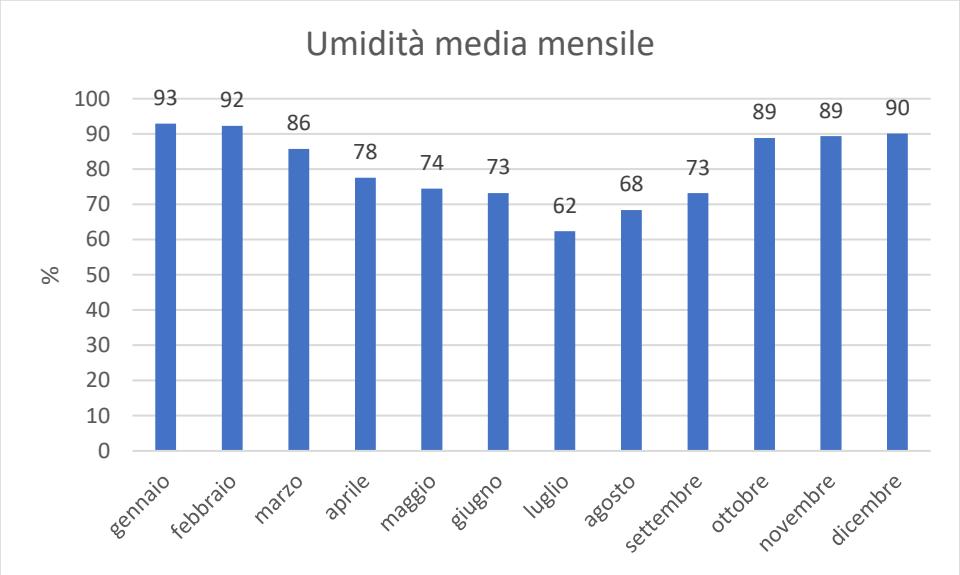

Figura 3 Umidità relativa anno 2024.

Per quanto riguarda **la velocità di vento**, il grafico seguente mostra i dati di intensità riferiti all'anno 2024. Il valore medio annuale è di 1,88 m/s.

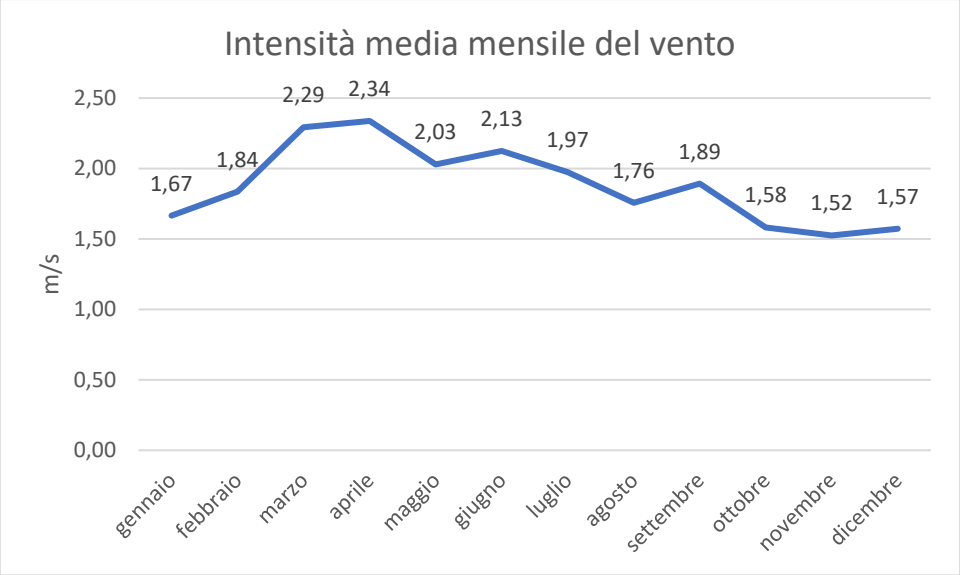

Figura 4 Velocità del vento anno 2024.

Dall'analisi combinata dei dati di modulo e direzione del vento si sono ottenute le frequenze rappresentate sulla **rosa dei venti** in tabella:

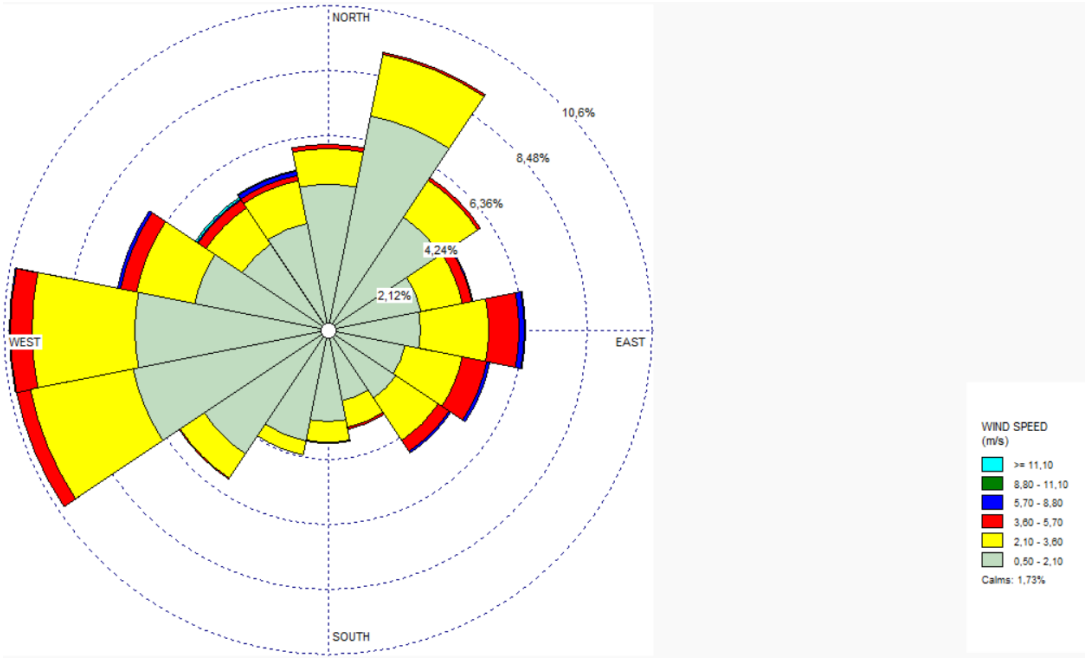

Figura 5 Analisi statistica della velocità del vento (Rosa dei venti - anno 2024)

Directions / Wind Classes (m/s)	0,50 - 2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	>= 11,10	Total (%)
N	4,77	1,1498	0,1252	0,0114	0	0	6,0565
NNE	7,1152	2,0378	0,0683	0	0	0	9,2213
NE	4,4285	1,4686	0,0797	0	0	0	5,9768
ENE	3,1079	1,3775	0,3188	0,0228	0	0	4,827
E	3,0168	2,2427	0,9904	0,1594	0,0228	0	6,4321
ESE	2,5729	1,8898	0,8197	0,0911	0	0	5,3734
SE	2,6753	1,6393	0,4326	0,0683	0	0	4,8156
SSE	2,3566	0,888	0,0569	0,0114	0	0	3,3128
S	2,9827	0,6717	0,0455	0,0114	0	0	3,7113
SSW	3,7113	0,444	0,0114	0	0	0	4,1667
SW	4,8725	0,9335	0,0455	0,0114	0	0	5,8629
WSW	6,4663	3,4267	0,4554	0	0	0	10,3484
W	6,3183	3,3242	0,7286	0,0228	0	0	10,3939
WNW	4,4285	1,9467	0,5237	0,1025	0,0114	0,0114	7,0241
NW	3,3925	1,4117	0,296	0,0342	0,0228	0,0569	5,214
NNW	3,5747	1,3775	0,1935	0,1252	0,0342	0	5,3051
Sub-Total	65,7901	26,2295	5,1913	0,6717	0,0911	0,0683	98,0419
Calms							1,7304
Missing/Incomplete							0,2277
Total							100

5 ANALISI DELL'IMPATTO ATMOSFERICO

5.1 Modello previsionale: AERMOD

Il modello di simulazione matematico relativo alla dispersione degli inquinanti in atmosfera a cui si è fatto riferimento per le simulazioni, è il software AERMOD View, distribuito dalla Lakes Enviromental, il quale, partendo dalle informazioni sulle sorgenti e sulle condizioni meteorologiche, fornisce la dispersione degli inquinanti in atmosfera e i relativi livelli di concentrazione al suolo.

AERMOD View incorpora i principali modelli di calcolo utilizzati dall'U.S. EPA attraverso un'interfaccia integrata. Tali modelli sono:

- Aermod;
- ISCST3;
- ISC-PRIME.

In particolare, AERMOD è un modello di tipo Gaussiano (Steady-state Gaussian plume air dispersion model) basato su un modello di stabilità atmosferica di tipo "Planetary boundary layer theory", che consente di valutare, attraverso algoritmi di calcolo, i fattori di deflessione degli edifici, i parametri di deposizione al suolo degli inquinanti, l'effetto locale dell'orografia del territorio ed in ultimo i calcoli relativi alle turbolenze meteorologiche.

Il codice AERMOD è stato sviluppato dall'American Meteorological Society – EPA, quale evoluzione del modello gaussiano ISC3. La dispersione in atmosfera della sostanza inquinante è funzione delle condizioni di stabilità atmosferica dell'area di riferimento stessa:

1) strato limite dell'atmosfera stabile: la distribuzione è di tipo gaussiano sia in direzione orizzontale che in direzione verticale;
2) strato limite dell'atmosfera instabile: la distribuzione è di tipo gaussiano in direzione orizzontale e bi-gaussiano in direzione verticale.

Tale impostazione supera le tipologie di modelli precedenti (ISC3) permettendo di superare i limiti dei modelli gaussiani, i quali non erano in grado di simulare, in maniera sufficientemente rappresentativa, le condizioni di turbolenza dello strato limite atmosferico. Il codice prende in considerazione diversi tipi di sorgente:

1) puntuali;
2) lineari;
3) areali;
4) volumiche.

Per ognuna di tali sorgenti il modello fa corrispondere un diverso algoritmo di calcolo delle concentrazioni. Il modello, pertanto, calcola il contributo di ciascuna sorgente nel dominio d'indagine, in corrispondenza dei punti ricettori, i quali possono essere punti singolari, o una maglia di punti con passo definito dall'utente.

In ultimo il modello si avvale di due ulteriori modelli per la valutazione degli input meteorologici e territoriali: AERMET e AERMAP. AERMET, consente di elaborare i dati meteorologici rappresentativi dell'area d'intervento, al fine di calcolare i parametri di diffusione dello strato limite atmosferico. Il secondo modello, AERMAP, invece, consente di elaborare le caratteristiche orografiche del territorio in esame.

5.1.1 Aermet

Uno degli input fondamentali per l'analisi delle concentrazioni degli inquinanti in atmosfera è il dato meteo. Per ricreare lo scenario diffusivo caratteristico del sito simulato è stato necessario costruire adeguati file meteorologici in formati compatibili con il preprocessore meteorologico utilizzato dal modello di simulazione Aermod, denominato Aermet View.

I file meteorologici necessari sono due, uno descrittivo delle condizioni meteoclimatiche registrate al suolo nel sito di studio, l'altro descrittivo dell'andamento verticale dei principali parametri meteorologici.

Nel caso specifico sono stati utilizzati i dati meteo monitorati dalla stazione di rilevamento meteoclimatica descritta precedentemente, per la costruzione del primo file suddetto, mentre i dati profilometrici sono stati calcolati attraverso l'applicazione del "Upper Air Estimator" sviluppato dalla Lakes Environmental. Tale strumento consente di fornire, attraverso leggi di regressione, il profilo meteorologico in quota. Tale sistema è riconosciuto dalla FAA4 ed alcune analisi sperimentali hanno dimostrato una buona approssimazione tra le concentrazioni stimate a partire dai dati in quota rispetto a quelle stimate attraverso l'uso dell'Upper Air Estimator.

Dai dati grezzi, attraverso il tool "File maker" presente su AERMET, sono stati costruiti i file compatibili col preprocessore Aermet View: in particolare il file descrittivo dei parametri al suolo è stato realizzato in formato "SAMSON". Tale file contiene la descrizione delle condizioni meteorologiche al suolo caratterizzanti i giorni di cui si voglia studiare la dispersione.

5.1.2 Aermap

Il software Aermod View, grazie al processore territoriale AERMAP, permette di configurare essenzialmente tre tipologie di territorio così come mostrato nella figura seguente.

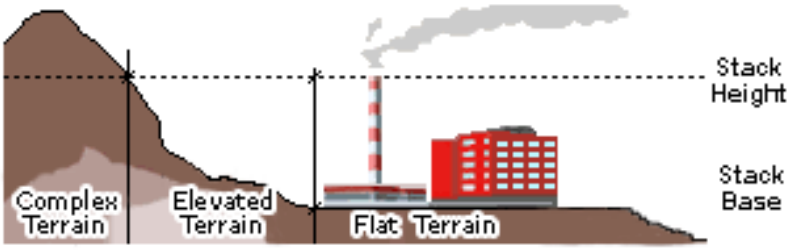

Figura 6 Tipologie di configurazioni territoriali

Con riferimento all'area in esame, si è adottata una conformazione del territorio di tipo "elevated terrain".

4 http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/apl/research/models/edms_model/

5.2 Descrizione degli impatti potenziali

Si riporta di seguito la descrizione delle principali sorgenti connesse alle attività di cantiere previste in progetto. Lo scopo primario dell'individuazione delle sorgenti e la conseguente quantificazione dell'impatto, è quello di valutare l'effettiva incidenza delle emissioni delle attività di cantiere sullo stato di qualità dell'aria complessivo.

Le attività più significative in termini di emissioni sono costituite:

- dalle attività di movimento terra (scavi e realizzazione opere) e stoccaggi;
- dalle demolizioni
- dalla movimentazione dei materiali all'interno dei cantieri;
- dal traffico indotto dal transito degli automezzi sulle piste di cantiere.

In relazione alla natura delle sorgenti possono essere individuati, quali indicatori del potenziale impatto delle stesse sulla qualità dell'aria, i seguenti parametri:

- polveri: PM_{10} (polveri inalabili, le cui particelle sono caratterizzate da un diametro inferiore ai 10 µm) e PTS (polveri totali sospese). Le polveri sono generate sia dalla combustione incompleta all'interno dei motori, che da impurità dei combustibili, che dal sollevamento da parte delle ruote degli automezzi e da parte di attività di movimentazione di inerti
- inquinanti gassosi generati dalle emissioni dei motori a combustione interna dei mezzi di trasporto e dei mezzi di cantiere in genere (in particolare NO_X).

Tuttavia, l'impatto potenzialmente più rilevante esercitato dai cantieri di costruzione sulla componente atmosfera è legato alla possibile produzione di polveri, provenienti direttamente dalle lavorazioni e, in maniera meno rilevante, quelle indotte indirettamente dal transito di mezzi meccanici ed automezzi sulla viabilità interna ed esterna.

Con riferimento agli ossidi di azoto (NO_X) è necessario fare delle precisazioni.

5.2.1 Meccanismi di formazione del biossido di azoto

Gli ossidi di azoto NO_x sono presenti in atmosfera sotto diverse specie, di cui le due più importanti, dal punto di vista dell'inquinamento atmosferico sono l'ossido di azoto, NO, ed il biossido di azoto, NO_2, la cui origine primaria nei bassi strati dell'atmosfera è costituita dai processi di combustione e, nelle aree urbane, dai gas di scarico degli autoveicoli e dal riscaldamento domestico. La loro somma pesata prende il nome di NO_x e la loro origine deriva dalla reazione di due gas (N_2 e O_2) comunemente presenti in atmosfera.

L'inquinante primario (per quanto riguarda gli NO_x) prodotto dalle combustioni dei motori è l'ossido di azoto (NO); la quantità di NO prodotta durante una combustione dipende da vari fattori:

temperatura di combustione: più elevata è la temperatura di combustione maggiore è la produzione di NO; tempo di permanenza a tale temperatura dei gas di combustione: maggiore è il tempo di permanenza, più elevata è la produzione di NO;

quantità di ossigeno libero contenuto nella fiamma: più limitato è l'eccesso d'aria della combustione, minore è la produzione di NO a favore della produzione di CO.

Il meccanismo di formazione secondaria di NO_2 dai processi di combustione prevede che, una volta emesso in atmosfera, l'NO prodotto si converte parzialmente in NO_2 (produzione di origine secondaria) in presenza di ozono (O_3). L'insieme delle reazioni chimiche che intervengono nella trasformazione di NO in NO_2 è detto ciclo fotolitico e può essere così schematizzato:

l'O_3 reagisce con l'NO emesso per formare NO_2 e O_2

$$NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$$

le molecole di NO_2 presenti nelle ore diurne e soleggiate assorbono energia dalla radiazione ultravioletta (fotoni hv di lunghezza d'onda inferiore a 430 nm). L'energia assorbita scinde la molecola di NO_2 producendo una molecola di NO e atomi di ossigeno altamente reattivi.

$$NO_2 + hv \rightarrow NO + O$$

gli atomi di ossigeno sono altamente reattivi e si combinano con le molecole di O_2 presenti in aria per generare ozono (O_3) che quindi è un inquinante secondario:

$$O_2 + O \rightarrow O_3$$

Le reazioni precedenti costituiscono un ciclo che, però, rappresenta solo una porzione ridotta della complessa chimica che ha luogo nella parte bassa dell'atmosfera. Infatti, se in aria avessero luogo solo queste reazioni, tutto l'ozono prodotto verrebbe distrutto, e l'NO_2 si convertirebbe in NO per convertirsi nuovamente in NO_2 senza modifiche nella concentrazione delle due specie, mantenendo costante il rapporto tra NO_2 e NO in aria.

Tuttavia, in condizioni di aria inquinata da scarichi veicolari (fonte di NO primario e NO_2 secondario) in presenza di COV incombusti e forte irraggiamento, il monossido d'azoto NO non interagisce più solo con ozono nel ciclo di distruzione, ma viene catturato e contemporaneamente trasformato in NO_2, con conseguente accumulo di NO_2 e O_3 in atmosfera.

I fattori di emissione per gli ossidi di azoto forniti dagli inventari delle emissioni sono espressi in termini di NO_x e non NO_2. Al contrario la vigente normativa sulla qualità dell'aria prevede dei valori limite (media annua e massima oraria) espressi come NO_2 e non come NO_x.

Poiché il modello di simulazione utilizzato per l'analisi della dispersione delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera non tiene conto dei vari meccanismi chimici di trasformazione che portano alla formazione secondaria degli NO_2 a partire dagli NO, l'analisi modellistica eseguita è stata effettuata per l'NO_X. È difficile prevedere la percentuale di NO_2 contenuta negli NO_x, in quanto come riportato precedentemente questa dipende da molteplici fattori, come la presenza di Ozono (O_3) e di luce. Inoltre, i casi in cui si verificano tali condizioni, generalmente sono caratterizzate da condizioni meteo tali da favorire la dispersione degli inquinanti.

Nel seguente studio, in via del tutto cautelativa, si assume che il rapporto NO_2/NO_x è pari a 1 (situazione limite poco probabile), ovvero che tutti gli NO_x sono costituiti interamente da NO_2,

5.2.2 Identificazione delle aree di cantiere e degli scenari di simulazione

Se si assume che l'impatto più significativo esercitato dai cantieri di costruzione sulla componente atmosfera è generato dal sollevamento di polveri (indotto direttamente dalle lavorazioni o indirettamente dal transito degli automezzi sulle aree di cantiere non pavimentate), si è ritenuto di considerare all'interno degli scenari di impatto le aree di cantiere interessate dalle operazioni di scavo, demolizione, movimentazione e stoccaggio terre, interessate al contempo dal transito di mezzi su aree e/o piste pavimentate.

Ai fini di valutare l'impatto generato dalla fase di cantiere sulla componente atmosfera, è stato considerato un unico scenario di simulazione, ovvero **lo scenario peggiore** dal punto di vista della movimentazione dei materiali, corrispondente alla **contemporaneità** di tutte le aree di cantiere. Tale scenario è quello che tiene conto delle ipotesi descritte nel seguito.

Di seguito si riporta una schematizzazione delle aree e delle piste di cantiere prese in considerazione nelle simulazioni.

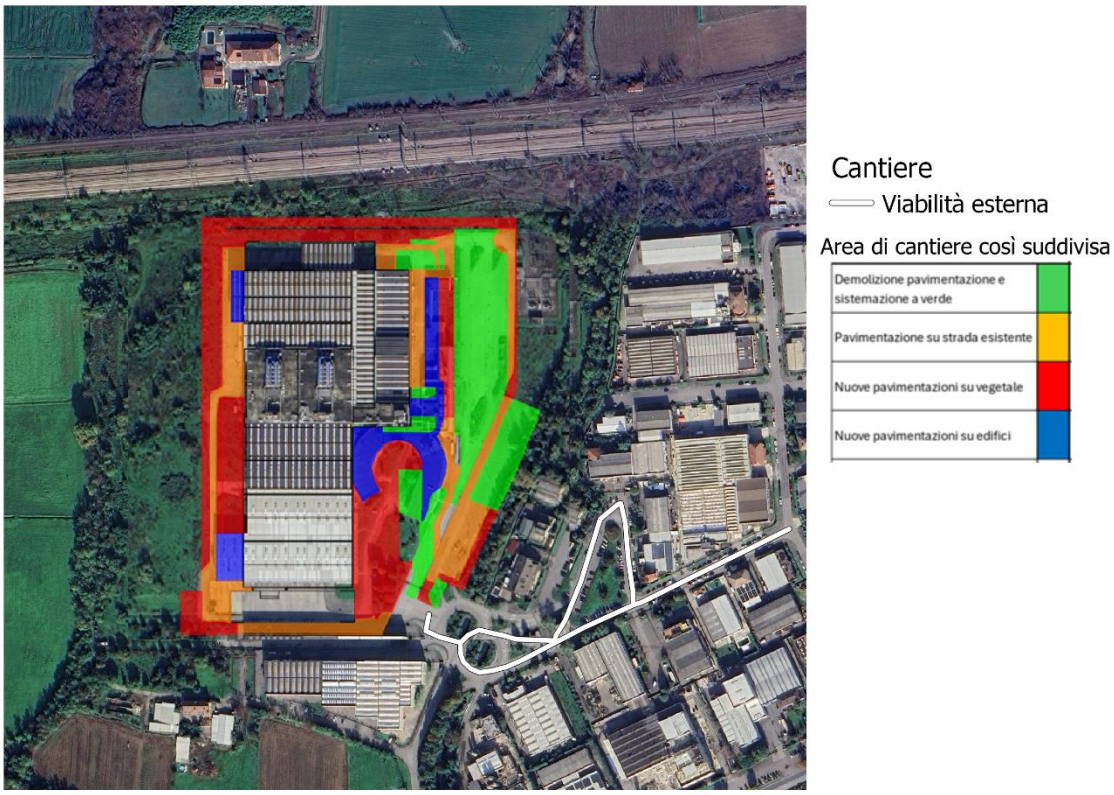

Figura 7 Aree e piste di cantiere

5.2.3 Stima dei fattori di emissione

Per la valutazione degli impatti in fase di cantiere si è fatto riferimento al Draft EPA dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Statunitense (rif. http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/), il quale, nella sezione AP 42, Quinta Edizione, Volume I Capitolo 13 – "Miscellaneous Sources" Paragrafo 13.2 – "Introduction to

Fugitive Dust Sources" e alle indicazioni contenute nelle "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali pulverulenti" redatte da ARPAT.

Ai fini della quantificazione delle emissioni in fase di cantiere, sono stati considerati i contributi dei seguenti fattori emissivi:

1. Paved Roads: transito dei mezzi di cantieri sulla viabilità principale - rotolamento delle ruote sulle
2. Aggregate Handling and Storage Piles: accumulo e movimentazione delle terre nelle aree di deposito e nel cantiere operativo (EPA AP-42 13.2.4);
3. Wind Erosion: erosione del vento dai cumuli (EPA AP-42 13.2.5);
4. Escavazione (EPA AP-11.9.2)
5. Demolizione (SCC 3-05-020-02)
6. Emissioni dovute ai gas di scarico dei mezzi di trasporto
7. Emissioni dovute a macchine e mezzi d'opera.

Al fine di valutare gli impatti di cantiere nel modello di calcolo sono state considerate tutte le sorgenti di polvere sopra esposte.

Per la stima delle emissioni si è fatto ricorso ad un approccio basato su un indicatore che caratterizza l'attività della sorgente (A in eq.1) e di un fattore di emissione specifico per il tipo di sorgente (Ei in eq.1). Il fattore di emissione Ei dipende non solo dal tipo di sorgente considerata, ma anche dalle tecnologie adottate per il contenimento/controllo delle emissioni. La relazione tra l'emissione e l'attività della sorgente è di tipo lineare:

$$Q(E)i = A * Ei \quad \text{(Eq. 1)}$$

dove:

- Q(E)i: emissione dell'inquinante i (ton/anno);
- A: indicatore dell'attività (ad es. consumo di combustibile, volume terreno movimentato, veicolo-chilometri viaggiati);
- Ei: fattore di emissione dell'inquinante i (ad es. g/ton prodotta, kg/kg di solvente, g/abitante). La stima è tanto più accurata quanto maggiore è il dettaglio dei singoli processi/attività.

Come già accennato per la stima dei diversi fattori di emissione sono state utilizzate le relazioni in merito suggerite dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (E.P.A., AP-42, Fifth Edition, Compilation of air pollutant emission factors, Volume I, Stationary Points and Area Sources) e dall'Inventario Nazionale degli Inquinanti australiano (National Pollutant Inventory, N.P.I., Emission Estimation Technique Manual).

Per ogni tipologia di sorgente considerata si illustrano di seguito le stime dei fattori di emissione.

Per seguire tale approccio di valutazione è necessario conoscere diversi parametri relativi a:

- sito in esame (umidità del terreno, contenuto di limo nel terreno, regime dei venti);
- attività di cantiere (quantitativi di materiale da movimentare ed estensione delle aree di cantiere);
- mezzi di cantiere (tipologia e n. di mezzi in circolazione, chilometri percorsi, tempi di percorrenza, tempo di carico/scarico mezzi, ecc...).

Mentre alcune di queste informazioni sono desumibili dalle indicazioni progettuali, per altre è stato necessario fare delle assunzioni il più attinenti possibile alla realtà, pur ricordando che solo in fase operativa potranno essere individuate le effettive sorgenti di emissione che verranno utilizzate nel corso delle lavorazioni.

Le ipotesi cantieristiche assunte per la stima delle emissioni e l'analisi modellistica sono le seguenti:

- materiale movimentato pari a 1000 m3 / giorno (valore di picco)
- n. automezzi in circolazione nelle aree di cantiere: si consideri un numero di viaggi/giorno andata e ritorno pari a 240 (valore di picco).
- Ore lavorate al giorno pari a 8.

A tali ipotesi, e considerando anche la contemporaneità di tutte le aree di cantiere, corrisponde lo scenario peggiore dal punto di vista della movimentazione dei materiali.

<u>Paved Roads – Mezzi in transito su strade pavimentate</u>

L'approccio metodologico dell'EPA considera i dati relativi al numero dei camion utilizzati, alle distanze percorse e al numero dei viaggi previsti (si tiene conto anche dei transiti di ritorno), in base alle indicazioni progettuali.

La formula empirica proposta dall'EPA per stimare le emissioni di polvere dai mezzi in transito su strade pavimentate è la seguente:

$$F = k(sL)^{0.91}(W)^{1.02}$$

dove:

- F: fattore di emissione di particolato su strade pavimentate, per veicolo-chilometro viaggiato (g/VKT);
- k: costante moltiplicativa variabile in funzione della dimensione delle particelle, assunto pari a 0,62 g/VKT per il PM10;
- W: peso medio dei veicoli in tonnellate, assunto pari a 18 tonnellate (calcolato come media tra il peso a pieno carico ed una tara di 12 ton).
- sL: contenuto di limo dello strato superficiale delle aree pavimentate percorse dai mezzi (g/m2), assunto pari all'8%;

L'effetto di mitigazione naturale operato dalle precipitazioni non viene considerato.

Il sollevamento di particolato dalle strade asfaltate è pari al prodotto del fattore di emissione Eext per l'indicatore di attività A (cfr. eq.1). Tale parametro, espresso come veicolo chilometri viaggiati, è ricavato dal prodotto del numero di mezzi/ora per i chilometri percorsi.

Pista	km	num. Viaggi/giorno	g/s
Pista Interna Al Cantiere	0,5	240	0,031
Viabilità Esterna	0,657	240	0,041

I Km percorsi all'interno dell'area di cantiere è stata stimata considerando la lunghezza della diagonale che attraversa l'area e stabilita in via cautelativa pari a 0.5 km.

Aggregate Handling and Storage Piles – Cumuli di terra, carico e scarico

La produzione totale di polvere legata all'attività di movimentazione e stoccaggio è legata alle seguenti singole attività:

- carico e scarico dei mezzi;
- traffico dei mezzi nelle aree di stoccaggio, carico e scarico;
- erosione del vento nella fase di carico e scarico.

La quantità di polveri generate da tali attività viene stimata utilizzando la seguente formula empirica:

$$E = K(0.0016)\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}\left(\frac{M}{2}\right)^{-1.4}$$

dove:

- E = fattore di emissione di particolato (kg/Mg);
- k = parametro dimensionale (dipende dalla dimensione del particolato);
- U = velocità media del vento (m/s) assunta pari a 1,8 m/s (misurati alla stazione meteorologica di Mozzanica per l'anno di riferimento).;
- M = umidità del terreno (%) assunta pari al 2.5% sottofalda.

Il parametro k varia a seconda della dimensione del particolato come riportato in tabella:

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k) For Equation 1				
< 30 μm	< 15 μm	< 10 μm	< 5 μm	< 2.5 μm
0.74	0.48	0.35	0.20	0.053[a]

Per il PM10 si assume quindi k pari a 0.35. La diffusione di particolato legata alle attività di movimentazione e stoccaggio di materiale è pari al prodotto del fattore di emissione E per le tonnellate di materiale movimentate giornalmente, assunte pari a 1000 m3/giorno.

In questo modo, il rateo emissivo stimato per ciascuna area è pari: **0,0027 g/s.**

Erosione delle aree di stoccaggio

Le emissioni causate dall'erosione del vento sono dovute all'occorrenza di venti intensi su cumuli soggetti a movimentazione. Nell'AP-42 (paragrafo 13.2.5 "Industrial Wind Erosion") queste emissioni sono trattate tramite la potenzialità di emissione del singolo cumulo in corrispondenza di certe condizioni di vento. In questa sede si è scelto di seguire l'approccio delle "Linee Guida di ARPA Toscana per la valutazione delle polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali polverulenti". Tali linee guida considerano, per l'erosione del vento dai cumuli, l'effettiva emissione dell'unità

di area di ciascun cumulo soggetto a movimentazione dovuta alle condizioni anemologiche attese nell'area di interesse.

Il rateo emissivo orario è calcolato con l'espressione:

$$E_i = EF_i * a * movh \qquad \text{(Linee Guida ARPA Toscana)}$$

- **i** = particolato (PTS, PM_{10}, $PM_{2.5}$), nel caso in esame PM_{10};
- **EF_i** = fattore di emissione areale dell'i-esimo tipo di particolato (kg/m^2);
- **a** = superficie dell'area movimentata in m^2;
- **movh** = numero di movimentazioni/ora, si assume che corrisponda al n. di mezzi/h.

Per il calcolo del fattore di emissione areale si distinguono i cumuli bassi da quelli alti a seconda del rapporto altezza/diametro. Per semplicità, inoltre, si assume che la forma di un cumulo sia conica, sempre a base circolare. Nel caso di cumuli non a base circolare, si ritiene sufficiente stimarne una dimensione lineare che ragionevolmente rappresenti il diametro della base circolare equivalente a quella reale.

Dai valori di:

- altezza del cumulo (intesa come altezza media della sommità nel caso di un cumulo a sommità piatta) H in m;
- diametro della base D in m;

si individua il fattore di emissione areale EFi dell'i-esimo tipo di particolato per ogni movimentazione dalla sottostante tabella:

cumuli alti $H/D > 0.2$	
	$EF_i (kg/m^2)$
PTS	1.6E-05
PM_{10}	7.9E-06
$PM_{2.5}$	1.26E-06
cumuli bassi $H/D \leq 0.2$	
	$EF_i (kg/m^2)$
PTS	5.1E-04
PM_{10}	2.5 E-04
$PM_{2.5}$	3.8 E-05

Figura 8 Fattori di emissione areali per ogni movimentazione, per ciascun tipo di particolato

Nel caso in oggetto si assume:

- H = 2 m;
- D = 5 m;

- H/D = 0.4 > 0.2 → cumuli alti

quindi si utilizza un EF per il PM10 pari a 0.0000079 kg/mq.

Ipotizzando il cumulo di forma conica ne risulta una superficie laterale di circa 25 m2.

Perciò, considerando 15 movimentazioni/ora sui cumuli di ciascuna area di cantiere, otteniamo un rateo emissivo pari a: **0.03 g/s**.

Attività di escavazione

Un'altra fonte di emissione di polveri che è stata considerata è l'attività dei mezzi di cantiere quali escavatori o pale gommate nelle aree di cantiere. Tale sorgente è stata assimilata alle emissioni riportate nel paragrafo 11.9.2 del documento EPA, AP-42, relativo all'estrazione del carbone. Nella tabella 11.9.2 di tale documento sono riportate le equazioni per il calcolo dei fattori di emissione per sorgenti di polvere in condizioni aperte incontrollate.

Il particolato sollevato dai mezzi di cantiere quali bulldozer per attività quali "overburden" (terreno di copertura) è stimato dalla seguente equazione:

$$E = \frac{(sL)^{1.5}}{(M)^{1.4}} * 0.75 * 0.45(Kg/h)$$

dove:

- **sL**: contenuto in silt della superficie stradale, assunto pari all'8%;
- **M**: umidità del terreno (%) assunta pari al 10%.

Il sollevamento di particolato dalle attività dei mezzi di cantiere è pari al prodotto del fattore di emissione E così calcolato per il numero di ore lavorative giornaliere, assunto pari a 8 h/giorno.

Il rateo emissivo per ciascuna area è perciò pari a: **0.08 g/s.**

Attività di demolizione

Il Draft EPA e linee guida ARPAT non prevedono una voce puntuale per tale attività.

Utilizzeremo pertanto, per somiglianza, il fattore SCC 3-05-020-02 riferito ai "Processi e attività di frantumazione e macinazione del materiale e all'attività di agglomerazione del materiale (AP-42 11.19.2)"

Tale fattore è pari a: 0,0043 kg/t. Considerando come sistema di abbattimento la bagnatura con acqua otteniamo un fattore pari a **0,00037 kg/t.**

Considerando il peso specifico pari a 1.8 t/m3 e moltiplicando il fattore per la quantità di materiale demolito all'ora (1000 mc diviso 8h), otteniamo il seguente rateo emissivo: **0,0077 g/s.**

Emissioni mezzi di cantiere

Anche i gas di scarico degli automezzi che transitano sulle piste interne al cantiere e sulla viabilità ordinaria costituiscono una potenziale sorgente di emissione di PM10.

Facendo esplicito riferimento al database dell'ISPRA http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/fetransp) è possibile individuare la seguente categoria ed ai corrispondenti fattori di emissione specifici:

- ✓ Sector: Heavy Duty Trucks
- ✓ Subsector: Rigid 20 – 26 t

Stante quanto premesso, i fattori di emissione medi assunti in questa sede per le emissioni degli autocarri in transito sulla viabilità di accesso all'area dell'impianto e le piste sono per gli EURO 4:

- EF PM10 U (ciclo totale): 0.11 g/km*veicolo
- EF NOX 0 U (ciclo totale): 3.09 g/km*veicolo

Considerando le diverse sorgenti emissive ed il numero di veicoli in transito si ottiene il seguente rateo emissivo:

FATTORI DI EMISSIONE DOVUTI AI GAS DI SCARICO DEI MEZZI DI TRASPORTO				
Pista	**Lunghezza strada (Km)**	**NUM VEICOLI**	**PM10 (g/s)**	**NOX (g/s)**
Pista Interna Al Cantiere	0,5	240	0,00015	0,0043
Viabilità Esterna	0,657	240	0,00020	0,0056

Emissioni mezzi d'opera

Per la stima dei fattori di emissione delle macchine e dei mezzi d'opera impiegati è stato fatto riferimento al database del programma di calcolo COPERT V ed all'Atmospheric Emission Inventory Guidebook dell'EEA.

All'interno del documento è possibile individuare dati relativi ai seguenti macchinari principali (Other Mobile Sources and Machinery – SNAP 0808XX):

Il calcolo delle emissioni si basa sulla seguente formula:

$$E = HP \times LF \times Efi$$

- E = massa di emissioni prodotta per unità di tempo [g/h];
- HP = potenza massima del motore [Kw];
- LF = load factor;
- Efi = fattore di emissione medio del parametro i – esimo [g/kWh].

Il load factor LD è determinato sulla base dei fattori indicati in corrispondenza dei cicli standard ISO DP 8178; nel caso specifico è stato adottato un valore pari a 0,15 che, per la categoria di riferimento (C1 – Diesel powered off road industrial equipment) è il più elevato riportato (cicli 1-3).

In particolare, il rapporto citato, riporta anche i fattori di emissione corrispondenti alla Fase I ed alla Fase II di omologazione della Direttiva 97/68/CE (recepita dal D.M. Trasporti 20 dicembre 1999), ossia validi per veicoli immatricolati tra il 31.12.1999 ed il 31.12.2003 in relazione alle specifiche categorie di motori. I veicoli di recente immatricolazione risultano essere caratterizzati da fattori di emissione significativamente inferiori a quelli riportati; in particolare, per categorie di motori compresi tra i 130 ed i 560 Kw viene indicato un valore per il PM pari a 0,20 g/kWh (circa il 20%), per gli NOX un valore pari a 7,00 g/kWh (circa il 50%).

In riferimento alla dimensione delle polveri emesse dai motori diesel è possibile individuare in bibliografia i seguenti dati: il 100% del particolato rientra nel PM10, ma oltre il 90% è costituito dal PM2,5 e addirittura oltre l'85% presenta dimensioni inferiori al micron. Un confronto quantitativo con le altre sorgenti è pertanto

possibile esclusivamente sulla base dell'indicatore PM10, per quanto la natura e la composizione chimica delle polveri in oggetto sia completamente differente.

Considerando la potenza massima HP pari a 140 KW, i fattori di emissione utilizzati per i macchinari presenti nell'impianto in oggetto, in relazione ai parametri di interesse, sono:

- FE = 0.0012 g/s per PM10
- FE = 0.0408 g/s per NOX

Per l'area di cantiere è stato considerato un mezzo operativo.

5.3 Metodologia di modellazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera

Al fine della implementazione della catena modellistica per la valutazione del potenziale impatto in atmosfera derivante dalle attività di cantiere è stato necessario definire i seguenti dati:

- dominio di calcolo e schema di modellazione;
- orografia;
- condizioni meteoclimatiche;
- parametri emissivi.

5.3.1 Dominio di calcolo e schema di modellazione

È stata identificata un'area la cui estensione è di circa 100 km^2, ben rappresentativa della conformazione orografica e morfologica del territorio, fondamentale per la ricostruzione dei campi di vento ed esaustiva per includere i potenziali recettori (abitato urbano etc.).

È stata così individuata una maglia di calcolo finalizzata alla rappresentazione grafica delle curve di isoconcentrazione e alla valutazione complessiva della dispersione degli inquinanti nell'atmosfera.

La maglia di calcolo è rappresentata da una griglia di 441 punti (23x23) di dimensioni 500m x 500m.

Figura 9 Griglia di calcolo

5.3.2 Orografia e dati meteo

Per la simulazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera si è tenuto conto dell'orografia dell'intero dominio di calcolo implementando un modello di terreno complesso, grazie al preprocessore AERMAP, come mostrato di seguito.

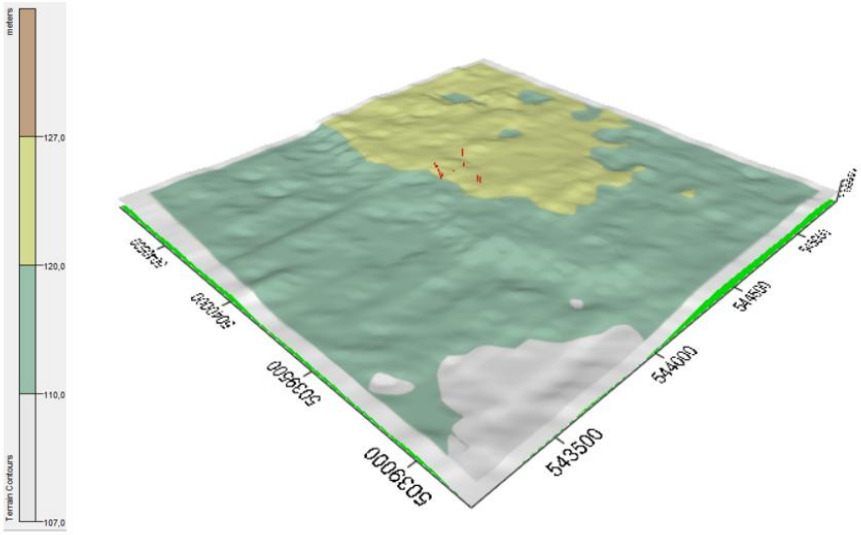

Figura 10 Rappresentazione dell'orografia del territorio.

I dati meteorologici utilizzati in fase di simulazione sono i dati meteo orari sito specifici relativi all'anno 2024 della centralina di **Mozzanica**, come trattato nel Par. 0.

5.3.3 Definizione delle sorgenti e ipotesi di lavoro

Come anticipato, per la valutazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera legata alle attività di cantiere del presente progetto, è stato effettuato uno studio previsionale tramite modello di simulazione, applicato alle fasi di lavoro maggiormente critiche per l'emissione degli inquinanti, al fine di verificare gli impatti prodotti da tali attività sulla qualità dell'aria nella zona ad essi circostante e, in particolare, sui recettori opportunamente individuati.

I fattori di emissione utilizzati nelle simulazioni sono stati calcolati applicando le formule del Draft EPA dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Statunitense, così come ampiamente illustrato precedentemente.

Di seguito si riportano delle tabelle riepilogativa che riassumono le ipotesi di lavoro assunte. Esse mostrano per ciascun inquinante, relativamente alle aree e alle strade coinvolte, i fattori di emissioni complessivi espresse in g/s utilizzati nelle simulazioni.

FATTORI COMPLESSIVI DI PM10								
Sorgenti areali	**DEMOLIZONE**	**ESCAVAZIONE**	**OPERAZIONI DI CARICO, SCARICO E STOCCAGGIO CUMULI**	**EROSIONE DEL VENTO**	**TRASPORTO SU STRADA PAVIMENTATA**	**EMISSIONI MEZZI D'OPERA**	**EMISSIONE GAS DI SCARICO**	**TOTALE**
AREA DI CANTIERE	0,0077	0,084	0,0027	0,034288194	0,030951097	0,0012	0,00015	0,25
Sorgenti lineari								
VIABILITA' ESTERNA					0,040669741		0,00020075	0,041

FATTORI COMPLESSIVI DI NOX			
Sorgenti areali	EMISSIONE MEZZI OPERA	EMISSIONI GAS DI SCARICO	TOTALE
AREA DI CANTIERE	0,0408	0,00429	0,045
Sorgenti lineari			
VIABILITA' ESTERNA		0,0056	0,0056

Tabella 5 Tabelle riepilogative dei fattori di emissione per ogni sorgente e per ciascun inquinante

6 RISULTATI

Nel seguente capitolo si riportano le mappe di concentrazione ottenute dalla simulazione tramite AERMOD.

Le mappe di concentrazione prodotte rappresentano la previsione delle concentrazioni per gli inquinanti PM10 e NOX. Nello specifico le mappe sono le seguenti:

- Concentrazione delle medie giornaliere di PM_{10} - 90,4° percentile
- Concentrazione delle medie annuali di PM_{10}
- Concentrazione delle medie orarie di NO_2 – 99,8° percentile
- Concentrazione delle medie annuali di NO_2

Nel modello di dispersione AERMOD i valori di concentrazione di NO_2 sono stati valutati a partire da quelli di NOx, considerando NOX= NO2.

6.1 Ricettori

Al fine di poter valutare la protezione della salute umana si è fatto riferimento a ricettori puntuali, individuate attraverso il codice RX. Tali ricettori sono identificativi di gruppi di edifici abitativi o case singole che si trovano a ridosso delle sorgenti emissive considerate e che quindi sono potenzialmente più esposte.

I recettori puntuali presi in riferimento sono rappresentati nella tabella seguente di Georeferenziazione dei recettori discreti.

Sigla	Descrizione	X [m][5]	Y [m][6]	Z [mslm][7]
R1	Residenziale	544128,41	5039683,96	119,64
R2	Residenziale	544434,96	5039784,71	122,71
R3	Residenziale	544449,02	5039819,45	122,32
R4	Residenziale	544607,07	5040049,77	123,01
R5	Residenziale	544144,79	5040243,6	120,26

I recettori puntuali sono stati selezioni all'interno del dominio di calcolo e possono essere definiti come residenziali.

[5] Ascissa nel SR WGS84 UTM ZONA 32N
[6] Ordinata nel SR WGS84 UTM ZONA 32N
[7] Altitudine del suolo sul livello medio del mare

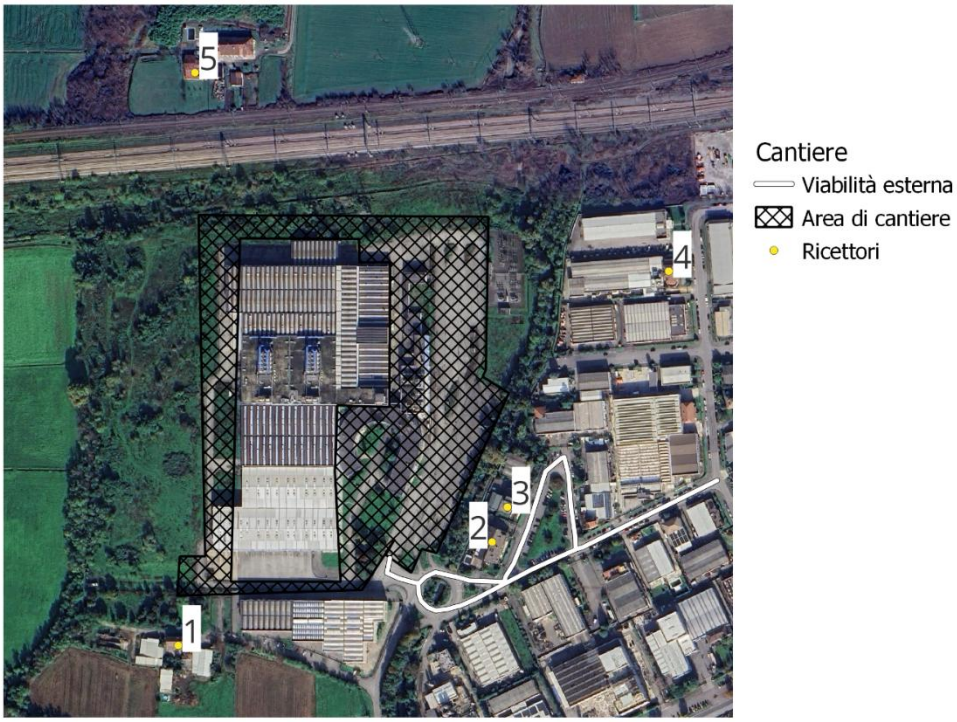

Figura 11 Individuazione dei recettori (in giallo)

Nelle tabelle sono riportate per ciascuna ricettore considerato:

1. Il livello di concentrazione di fondo (ante operam) ricavato dalla valutazione della concentrazione media annuale della qualità dell'aria su base comunale elaborata da ARPA Lombardia per l'anno 2024;
2. Il livello di concentrazione calcolato attraverso la simulazione;
3. Il valore cumulo, come somma delle due voci precedenti.

	PM10 MEDIAZIONE ANNUALE [µg/m3]			**PM10 MEDIAZIONE GIORNALIERA [µg/m3]**		
	livelli di fondo	simulazione	cumulativo	livelli di fondo	simulazione	cumulativo
1	28	0,93787	28,93787	28	1,48095	29,48095
2	28	4,86843	32,86843	28	10,57517	38,57517
3	28	4,98913	32,98913	28	12,57819	40,57819
4	28	1,42998	29,42998	28	4,39587	32,39587
5	28	0,47344	28,47344	28	0,77285	28,77285
DLgs 155/2010		40 µg/m3		50 µg/m3		

	NOX MEDIAZIONE ANNUALE [µg/m3]			**NOX MEDIAZIONE ORARIA [µg/m3]**		
	livelli di fondo	simulazione	cumulativo	livelli di fondo	simulazione	cumulativo
1	28	0,16769	28,16769	28	17,65223	45,65223
2	28	0,76299	28,76299	28	42,16827	70,16827
3	28	0,80863	28,80863	28	42,61426	70,61426
4	28	0,25232	28,25232	28	23,28448	51,28448
5	28	0,08445	28,08445	28	1,63674	29,63674
D.Lgs 155/2010		40 µg/m3		200 µg/m3		

Tabella 6 Valori di concentrazione sui ricettori puntuali

6.2 Mappe di isoconcentrazione

MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI DI PM10 percentile 90.4° delle medie giorno

IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

Legenda

Dominio di calcolo
Ricettori

Isoconcentrazioni [µg/mc]
<= 0,5
<= 1
<= 2
<= 5
<= 10
<= 12,6

MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI DI PM10
mediazione annuale

IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

Legenda

Dominio di calcolo
Ricettori

Isoconcentrazioni [µg/mc]
<= 0,5
<= 1
<= 2
<= 5

MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI DI NOX percentile 99,8° delle medie orarie

IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

Legenda

Dominio di calcolo
Ricettori

Isoconcentrazioni [µg/mc]
<= 1
<= 2
<= 5
<= 10
<= 20
<= 42,6

MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI DI NOX
mediazione annuale

IMPATTI IN FASE DI CANTIERE

Legenda

Dominio di calcolo
Ricettori

Isoconcentrazioni [µg/mc]
<= 0,05
<= 0,1
<= 0,2
<= 0,5
<= 0,8

7 CONCLUSIONI

Come è evidente dai risultati mostrati sia in forma di mappe di concentrazione che tabellare, è possibile affermare che per tutti i parametri inquinanti considerati i livelli di concentrazione sono inferiori ai limiti di legge e le attività di cantiere hanno un impatto sulla qualità dell'aria trascurabile.

Per tutti i parametri, le concentrazioni massime stimate sono localizzate in corrispondenza delle aree di lavoro e le concentrazioni sono comunque al di sotto dei limiti di legge.

Anche considerando il valore di fondo della centralina di riferimento, è possibile riscontrare un livello di concentrazione sui ricettori **conforme ai limiti di legge**.